Federação das Indústrias do Estado da Bahia

CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC

Engenharia Elétrica

Projeto Theoprax de Conclusão de Curso

Desenvolvimento do robô de inspeção.

Apresentada por: Michael Faraday
John Nash
James Clerk Maxwell
Nikola Tesla

Orientador: Prof. Marco Reis, M.Eng.

Setembro de 2018

Michael Faraday
John Nash
James Clerk Maxwell
Nikola Tesla

Desenvolvimento do robô de inspeção.

Projeto Theoprax de Conclusão de Curso apresentada ao , Curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário SENAI CIMATEC, como requisito parcial para a obtenção do título de **Bacharel em Engenharia**.

Área de conhecimento: Interdisciplinar

Orientador: Prof. Marco Reis, M.Eng.

Salvador
Centro Universitário SENAI CIMATEC
2016

Dedico este trabalho a ...

Agradecimentos

Salvador, Brasil
dia de Setembro de 2018

Michael Faraday
John Nash
James Clerk Maxwell
Nikola Tesla

Resumo

Escreva aqui o resumo da dissertação, incluindo os contextos geral e específico, dentro dos quais a pesquisa foi realizada, o objetivo da pesquisa, assunção filosófica, os métodos de pesquisa usados e as possíveis contribuições que o que é proposto pode trazer à sociedade.

Palavras-chave: Palavra-chave 1, Palavra-chave 2, Palavra-chave 3, Palavra-chave 4, Palavra-chave 5

Abstract

Escreva aqui, em inglês, o resumo da dissertação, incluindo os contextos geral e específico, dentro dos quais a pesquisa foi realizada, o objetivo da pesquisa, assunção filosófica, os métodos de pesquisa usados e as possíveis contribuições que o que é proposto pode trazer à sociedade.

Keywords: Keyword 1, Keyword 2, Keyword 3, Keyword 4, Keyword 5

Sumário

Lista de Tabelas

Lista de Figuras

Lista de Siglas

THEOPRAX
WWW ..... World Wide Web

Lista de Simbolos

∂	Bla bla bla
$\prod$	ble ble ble
∂	Bla bla bla
$\prod$	ble ble ble
∂	Bla bla bla
$\prod$	ble ble ble
∂	Bla bla bla
$\prod$	ble ble ble
∂	Bla bla bla
$\prod$	ble ble ble
∂	Bla bla bla
$\prod$	ble ble ble
∂	Bla bla bla
$\prod$	ble ble ble
∂	Bla bla bla
$\prod$	ble ble ble
∂	Bla bla bla
$\prod$	ble ble ble
∂	Bla bla bla
$\prod$	ble ble ble
∂	Bla bla bla
$\prod$	ble ble ble
∂	Bla bla bla
$\prod$	ble ble ble
∂	Bla bla bla
$\prod$	ble ble ble
∂	Bla bla bla
$\prod$	ble ble ble
∂	Bla bla bla
$\prod$	ble ble ble
∂	Bla bla bla
$\prod$	ble ble ble
∂	Bla bla bla
$\prod$	ble ble ble
∂	Bla bla bla
$\prod$	ble ble ble
∂	Bla bla bla
$\prod$	ble ble ble

Capítulo Um

Introdução

No Brasil, a eletricidade é gerada por hidrelétricas, termoelétricas, parques eólicos e usinas nucleares. Na maioria dos casos, devido a condições geográficas e de segurança, a energia gerada nem sempre é utilizada ou consumida no local de sua geração. Portanto, há a necessidade do uso de linhas de transmissão para transportar energia gerada na fonte geradora para a carga do consumidor (**??**). O mercado consumidor brasileiro é composto de cerca de 47 milhões de unidades. Em termos de linhas de transmissão de energia, são cerca de 98.648,3 km, que devem estar operando 24 horas por dia, 7 dias por semana, 365 dias por ano e em perfeito estado de manutenção, para garantir eletricidade para os consumidores (**??**)

No Brasil, há uma quantidade considerável de linhas de transmissão de alta tensão que já ultrapassaram a vida útil as quais foram destinadas. Com o envelhecimento dos cabos, a inspeção para manutenção preventiva é um fator de extrema relevância para garantir o perfeito funcionamento dos sistemas elétricos. De um modo geral, as inspeções nas linhas de transmissão de alta tensão são realizadas regularmente de forma visual, a fim de identificar a necessidade da realização de manutenções preventivas. As inspeções buscam verificar a integridade física dos componentes das linhas, em termos de fissuras, corrosão e eventuais danos que venham a prejudicar o fornecimento de energia elétrica. Essas inspeções envolvem a análise da integridade estrutural das torres, da condição dos isoladores, das conexões das linhas de transmissão, dentre outros, a fim de se verificar a existência de eventuais pontos de ruptura.

Um dos métodos empregados para detecção de pontos quentes nos cabos é o imageamento térmico, que é capaz de identificar uma elevação de temperatura nos cabos, o que é um indício de possíveis pontos de ruptura. A inspeção através de câmera térmica é uma importante ferramenta no campo das inspeções para manutenções preventivas. Outros pontos a serem inspecionados envolvem as condições do local onde as torres são instaladas, pois a vegetação e eventuais construções devem ser mantidas a uma distância mínima segura, tal que não ocorra nenhum contato entre quaisquer estruturas e as torres ou cabos de transmissão, evitando assim interferências no funcionamento da linha.

Além disso, é essencial a garantia de dispor-se de um terreno em condições de trânsito de veículos para o transporte do pessoal de manutenção, transporte de ferramentas, dentre outros fatores. Durante vários anos, a inspeção de linhas de transmissão de alta tensão tem sido feita regularmente através de aeronaves tripuladas. As aeronaves executam vôos

em baixa altitude e muito próximos das linhas de transmissão conforme mostrado nas Figuras 1.1 e 1.2.

Figura 1.1: Inspeção de linhas de transmissão feita por aeronaves tripuladas.

Figura 1.2: Interação humana durante a inspeção de linhas de transmissão.

Em alguns casos, devido às características geográficas da região, condições climáticas e outros fatores que venham a dificultar o sobrevôo, há uma grande exposição dos tripulantes a riscos associados à tarefa. Além dos perigos aos quais os tripulantes são expostos, a inspeção feita com aeronaves tem um custo bastante elevado. Outra forma alternativa de inspeção é o uso de veículos terrestres, porém essa forma é muito limitada, pois boa parte das linhas de transmissão está localizada em áreas de difícil acesso terrestre, muitas vezes restritas pelas características geográficas da região. Além disso, o ângulo de visão é, muitas vezes, desfavorável para a realização da inspeção.

Outra maneira de inspecionar as linhas de transmissão é através de eletricistas que literalmente caminham sobre os cabos de linhas de transmissão de alta tensão (Figura 1.3),

Figura 1.3: Realização de inspeção em linhas de transmissão através da observação humana.

realizando inspeção visual e termográfica. Esse tipo de inspeção é lenta e não é viável, tendo em vista que o país possui milhares de quilômetros de linhas de transmissão.

Neste contexto vários robôs de inspeção de linhas de transmissão foram desenvolvidos, porém poucos deles consistiram em projetos de engenharia que sejam aplicáveis no mundo real, além disso a maioria eram robôs tele-operados, ou seja robôs controlados por seres humanos. Um dos pontos diferenciais deste projeto de tese é a proposição de um desenvolvimento de uma navegação autônoma utilizando técnicas de aprendizagem de máquinas até então não utilizadas em robôs de inspeção de linhas de transmissão de alta tensão.

1.1 Objetivos

veja

Nesta seção os objetivos principal (também pode-se se utilizar a palavra meta) da monografia de graduação ou especialização, dissertação de mestrado ou tese de doutorado são apresentados.

1.1.1 Objetivos Específicos

Nesta seção os objetivos específicos (também pode-se se utilizar a palavra meta) da monografia de graduação ou especialização, dissertação de mestrado ou tese de doutorado são apresentados.

1.2 Justificativa

O pesquisador/estudante deve apresentar os aspectos mais relevantes da pesquisa ressaltando os impactos (e.g. científico, tecnológico, econômico, social e ambiental) que a pesquisa causará. Deve-se ter cuidado com a ingenuidade no momento em que os argumentos forem apresentados.

1.3 Requisitos do cliente

asjdflkasjdlfjsdlk;f

1.4 Organização do Projeto Theoprax de Conclusão de Curso

Este documento apresenta x capítulos e está estruturado da seguinte forma:

- **Capítulo 1 - Introdução**: Contextualiza o âmbito, no qual a pesquisa proposta está inserida. Apresenta, portanto, a definição do problema, objetivos e justificativas da pesquisa e como este projeto theoprax de conclusão de curso está estruturado;
- **Capítulo 2 - Nome do capítulo**: XXX;
- **Capítulo 5 - Conclusão**: Apresenta as conclusóes, contribuições e algumas sugestões de atividades de pesquisa a serem desenvolvidas no futuro.

Capítulo Dois

Conceito do Sistema

Quanto maior for a rapidez de transformação de uma sociedade, mais temporárias são as necessidades individuais. Essas flutuaçõess tornam ainda mais acelerado o senso de turbilh da sociedade.

(Alvin Toffler)

Quanto maior for a rapidez de transformação de uma sociedade, mais temporárias são as necessidades individuais. Essas flutuações tornam ainda mais acelerado o senso de turbilhão da sociedade.

(Alvin Toffler)

2.1 Estudo do estado da arte

flkjasdlkfjasdlkfjs

2.2 Descrição do sistema

lasdjflsadjf

2.2.1 Especificação técnica

lakjfldksjfdslakjf

2.2.2 Arquitetura geral do sistema

lkasjdflksdajflk;

2.2.3 Arquitetura de software

2.3 Desdobramento da função qualidade

asdfsdafsf

2.3.1 Requisitos técnicos

asdfsadfdsf

Capítulo Três

Materiais e Métodos

asdfasdfsdf

3.1 Especificação dos componentes

asjdflkdjsaf

3.1.1 Estrutura analítica do protótipo

asdkjfsdalkjf

3.1.2 Lista de componentes

asfkjdsahfkjs

3.2 Diagramas mecânicos

asdfsdaf

3.3 Modelo esquemático de alimentação e comunicação

asdfadsfsdfs

3.3.1 Diagramas elétricos

asdfsdaf

3.3.2 Esquemas eletrônicos

asdfsdaf

3.4 Especificação das funcionalidades

asdfadsfsdfs

3.4.1 Fluxo das informações

asdfsaf

3.4.2 Motion Planning

3.4.2.1 Definição da funcionalidade

A funcionalidade de *Motion Planning* é responsável por realizar o planejamento da trajetória do Robô, utilizando o software *MoveIt!* que realiza o cálculo da cinemática inversa para encontrar a melhor forma de ultrapassar os obstáculos.

3.4.2.2 Dependências

O software moveit pode utilizar o modelo matemático da cinemática inversa do robô ou um arquivo do tipo URDF. O nome URDF é uma sigla para *Unified Robot Description Format*, esse arquivo é uma especificação em `XML` utilizada para descrever robôs. Modelos em URDF apresentam uma simplicidade na descrição do robô, e para o caso do Robô *Elir*, utilizar o modelo URDF possibilitará uma aproximação fiel ao modelo real do robô, assim para o cálculo da cinemática inversa será utilizado o seu modelo URDF e não o seu modelo matemático.

3.4.2.3 Premissas Necessárias

Para o correto funcionamento dessa funcionalidade as seguintes premissas são necessárias:

- A configuração dos limites de giro das juntas do robô estarão compatíveis com os comandos enviados
- O modelo URDF do robô estará adequado com o modelo físico
- O pacote gerado pelo *MoveIt! Setup Assistant* estará configurado adequadamente

3.4.2.4 Descrição da Funcionalidade

A movimentação do robô na linha acontecerá por movimentos de translação e transposição de obstáculos. A translação na linha será feita por controladores de torque nas rodas do robô, enquanto a transposição do obstáculos utilizará o moveit. Por meio da ferramenta *MoveIt! Setup Assistant*, se utiliza o modelo do robô para criar um pacote do ROS com os principais arquivos pelo moveit. A configuração correta do moveit possibilita que se utilizem as funções da sua biblioteca para o cálculo da trajetória, levando em consideração também obstáculos no caminho.

O moveit fornece uma *user interface* que recebe o end-effector,a nomenclatura atribuída ao node feito em python que recebe o *end-effector* é `moveit_commander`. O *node* responsável por fazer a integração da user interface com os parâmetros recebidos pelo *ROS Parameter Server* com o *end-effector* para fazer os cálculos é denominado `move_group`. O *node* `move_group` também pode receber parâmetros como leituras dos sensores do robô e nuvens de pontos.

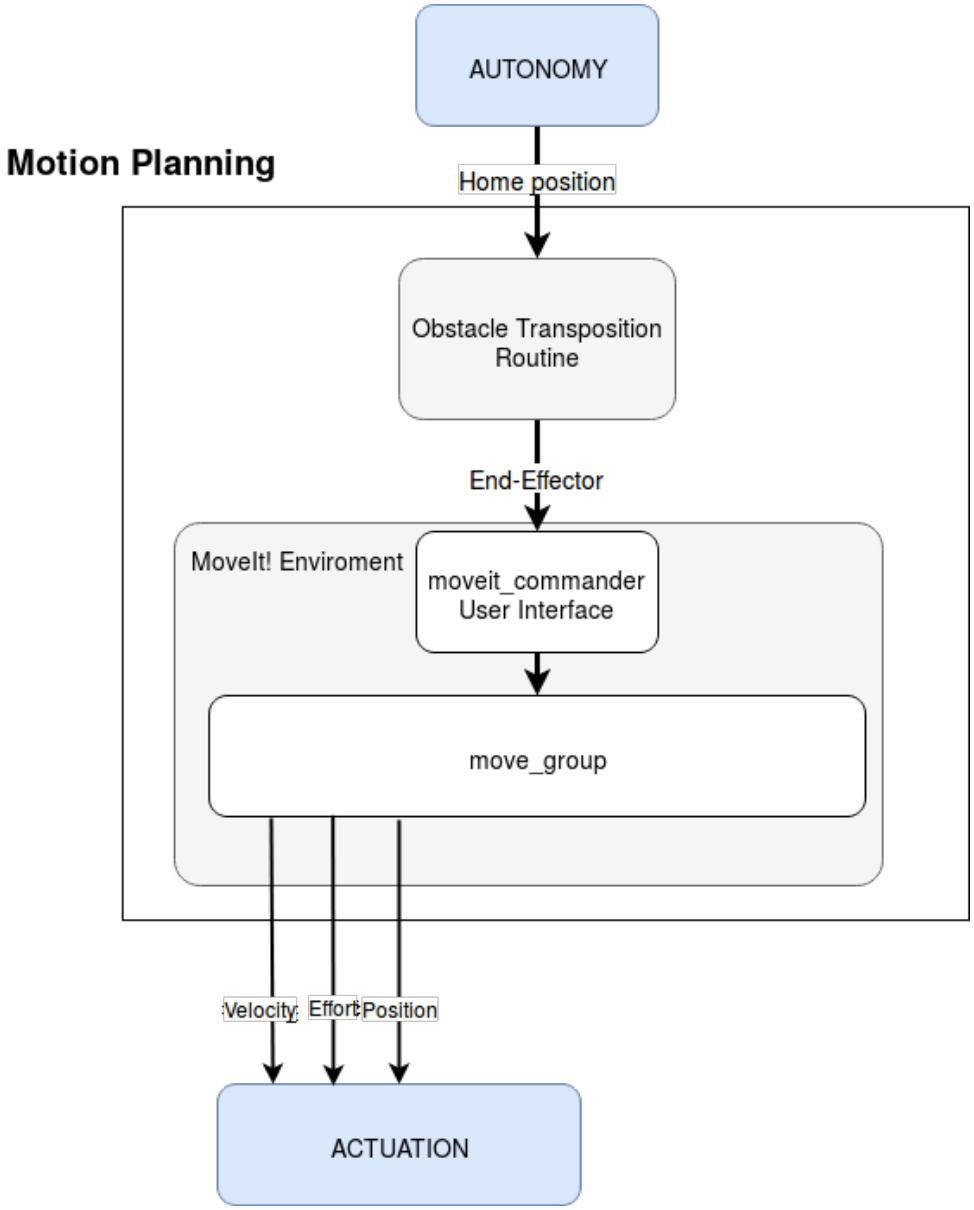

Figura 3.1: Fluxograma de funcionamento da funcionalidade de Motion Planning

Fonte: Própria

3.4.2.5 Saídas

Por meio da compatibilização do *MoveIt!* com o *ROS*, a saída dessa funcionalidade são os comandos de velocidade, esforço e posição para cada junta do robô.

3.4.3 Actuation

3.4.3.1 Definição da funcionalidade

A funcionalidade de Actuation tem como objetivo mover a estrutura física do robô, possibilitando o controle dos movimentos das juntas, garras e unidades de tração.

3.4.3.2 Dependências

Essa funcionalidade depende das funcionalidades de *Power Management* e *Motion Planning*. O *Power Management* será responsável por fazer alimentação dos motores, possibilitando controlar a corrente máxima fornecida para cada grupo. A dependência em relação à funcionalidade de *Motion Planning* está atrelada principalmente com o software *MoveIt!*, que ao receber um *end-effector*,realiza o cálculo de trajetória e envia os comandos de velocidade, esforço e posição para os controladores das juntas, garras e unidades de tração.

3.4.3.3 Premissas Necessárias

Para o correto funcionamento desse módulo, devem ser consideradas as seguintes premissas:

- Os motores devem estar configurados de acordo com o padrão de ID determinado pela equipe, fazendo parte da mesma malha de controle;
- Os controladores das juntas,garras e unidades devem estar configurados de acordo com os comandos que serão recebidos pelo MoveIt!;
- Os 3 grupos de motores estarão em malhas de alimentação de 12V individuais.

3.4.3.4 Descrição da Funcionalidade

O ROS disponibiliza uma série de drivers para compatibilização dos motores dynamixel, possibilitando a criação de controladores específicos no seu ambiente. Serão criados os controladores referentes as juntas e unidades de tração do robô.Os controladores receberão comandos de *velocity* e *position* do *MoveIt!* junto com os comandos para movimentar o

robô na linha. Após os comandos serem recebidos pelos controladores, eles serão enviados para o *hardware* do robô, de acordo do padrão de comunicação dos motores, por meio de comunicação serial.

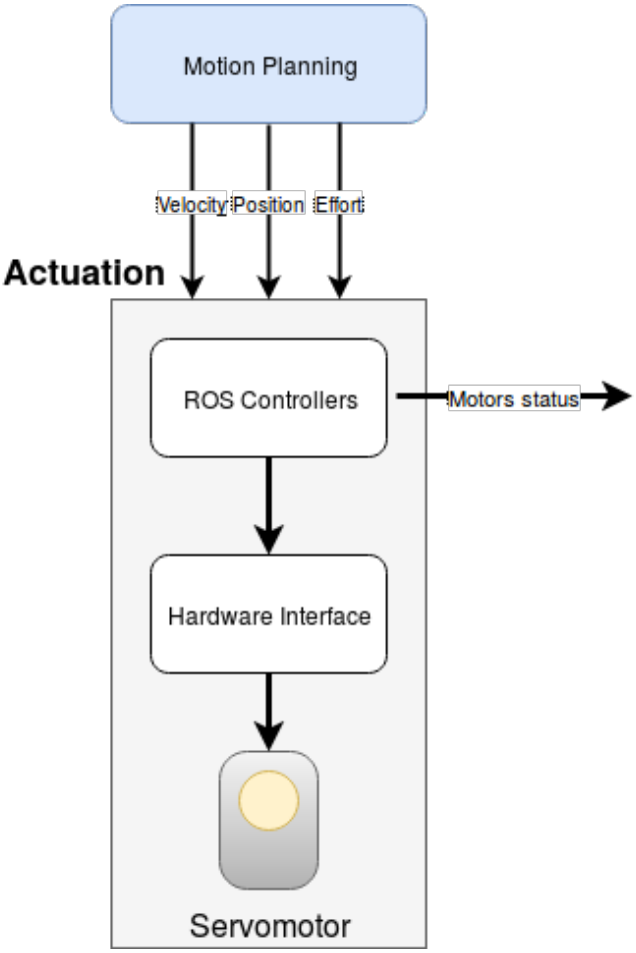

Figura 3.2: Fluxograma da funcionalidade Actuation

Fonte: Própria

3.4.3.5 Saídas

A saída desta funcionalidade é o movimento da estrutura física do robô, que estará de acordo com o planejamento de trajetória do *MoveIt!* e com as instruções para operação na linha

3.4.4 Power Management

3.4.4.1 Definição da funcionalidade

A funcionalidade de *Power Management* é responsável por administrar o fornecimento de energia para os dispositivos eletrônicos do robô, nos níveis adequados de tensão e corrente.

3.4.4.2 Dependências

Essa funcionalidade depende da comunicação serial por meio da biblioteca *rosserial* e da operacionalização do firmware embarcado no hardware (placa) de acordo com as necessidades do projeto.

3.4.4.3 Premissas Necessárias

Para o correto funcionamento desse módulo de *Power Management*, devem ser consideradas as seguintes premissas:

- A placa multiplexadora estará conectada diretamente ao módulo de *Power Management*
- Todos os dispositivos estarão conectados nas suas respectivas entradas
- A placa deverá ser alimentada por 2 baterias
- A placa estará conectada diretamente na NUC, por meio de uma USB

3.4.4.4 Descrição da Funcionalidade

A placa de *Power Management* fornece diversos recursos para integração com o ROS. Seu firmware, além de realizar as medições e controle dos níveis de tensão e corrente para alimentação do robô, estará adaptado com as seguintes funcionalidades para que haja integração do hardware com o ROS:

- *Publishers* que contém os status das portas em níveis de tensão e corrente; avisos de surtos de corrente ou sobre-corrente; disponibilidade do hardware de *Power Management*

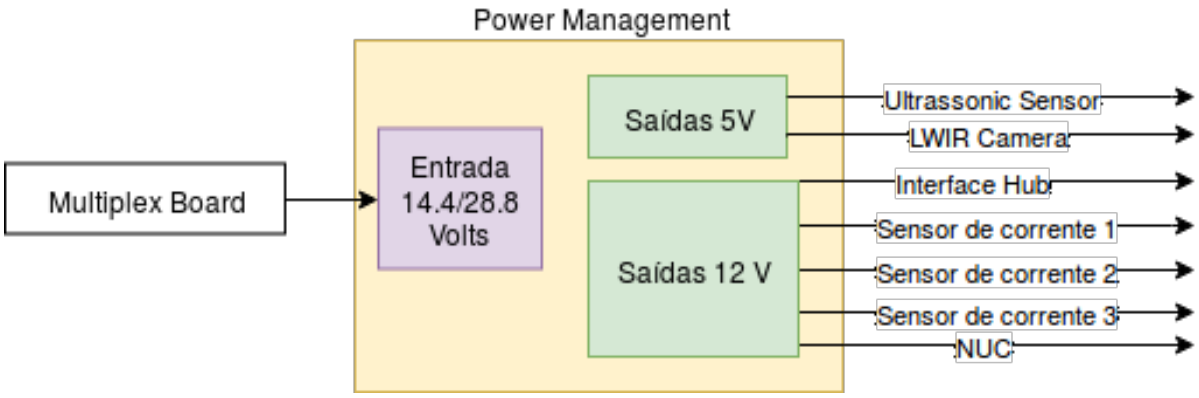

Figura 3.3: Fluxograma de funcionamento da funcionalidade de Power Management

Fonte: Própria

- *Serviços* para realizar a verificação dos níveis de corrente; definição dos limites de corrente nas portas; realização de comandos on-off

O conjunto de baterias fornecerá a energia para o sistema, a placa de *Power Management* irá administrar a distribuição da energia para os seguintes componentes:

- Grupos de servo motores
- Grupo de sensores de corrente
- NUC
- Interface HUB
- Câmera LWIR
- Sensor ultrassônico

3.4.4.5 Saídas

A funcionalidade irá disponibilizar a energia para o robô e as seguintes estruturas no ambiente ROS:

- Tópicos com informações de tensão e corrente nas portas
- Tópico para aviso de sobre-corrente
- Tópico para informar disponibilidade da placa
- Serviços para ler e configurar limite de corrente das portas
- Serviço para ligar ou desligar energia em uma porta

3.4.5 System Integrity Check

3.4.5.1 Definição da funcionalidade

É a funcionalidade responsável por checar a integridade do sistema antes do início da missão, verificando os subsistemas e suas variáveis.

3.4.5.2 Dependências

A funcionalidade receberá informações dos seguintes componentes

- Sensor de Temperatura
- Servomotores
- Câmera IR
- Câmera Stéreo
- IMU
- Sensor de Proximidade
- Placa de Power Management
- Sonar
- Baterias

Todas as informações serão enviadas por meio do ambiente ROS, na forma de *Services* ou *Publishers*.

3.4.5.3 Premissas Necessárias

As premissas necessárias para o funcionamento dessa funcionalidade são:

- Os subsistemas do robô irão disponibilizar o seu status no ambiente ROS por meio de tópicos ou serviços
- A checagem fará parte do planejamento de missão

3.4.5.4 Descrição da Funcionalidade

A checagem da integridade do sistema é uma funcionalidade essencial para garantir o sucesso da missão e preservar a integridade do robô. O ROS facilita essa comunicação entre os subsistemas, possibilitando que seja criada uma rotina de checagem antes de cada missão.

Será disponibilizado no sistema uma rotina para iniciar a missão. Ao receber o comando para início de missão, os sistemas serão checados sequencialmente, utilizando estrutura de *Services* e *Publishers* do ROS. Caso algum sistema apresente falha, a missão não se iniciará e o erro será mostrado no *terminal* e registrado no arquivo de `log`. Se todos os sistemas estiverem em funcionamento, se iniciará a missão. O fluxograma da funcionalidade está ilustrado na figura 3.4.

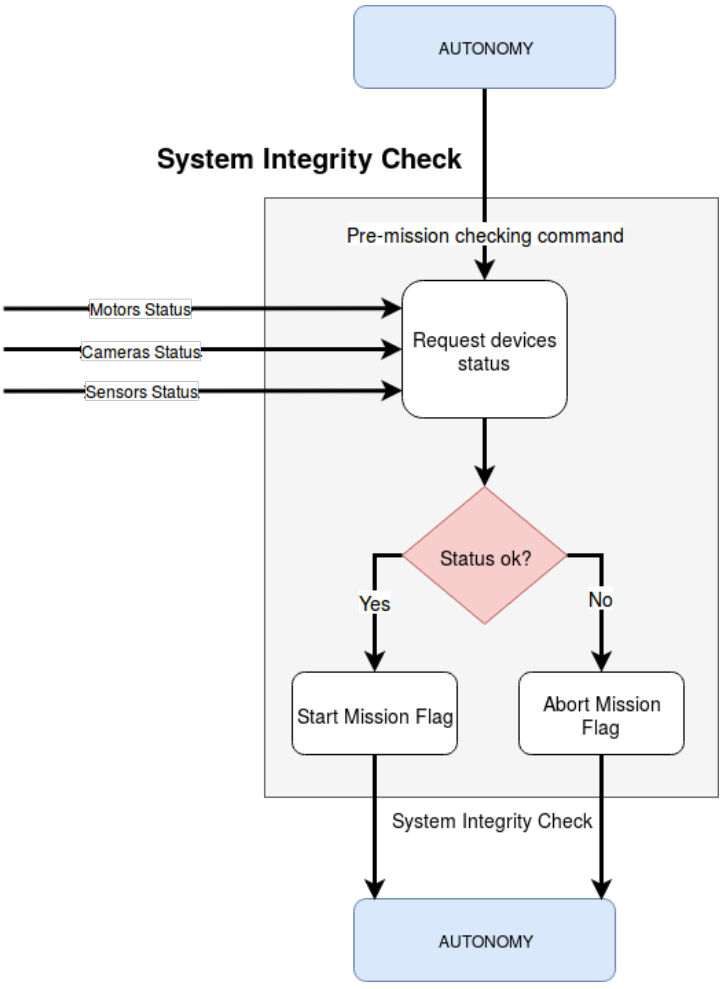

Figura 3.4: Fluxograma da rotina para checagem do sistema

Fonte: Própria

3.4.5.5 Saídas

No início da rotina de inspeção, a funcionalidade será responsável por enviar o sinal inicia a missão. Caso todos os sistemas checados estejam funcionando, a inspeção ocorrerá normalmente, se algum sistema apresentar defeitos, o defeito será mostrado no *terminal*, registrado em log e a missão será abortada.

3.5 Interface do Usuário

asdfadsfsdfs

3.6 Simulação do sistema

asdfadsfsdfs

Capítulo Quatro

Resultados

As funcionalidades do sistema de percepção foram validadas a partir de duas etapas de testes. Os testes unitários buscam a validação do funcionamento individual dos sensores, enquanto os testes integrados validam o funcionamento dos sistemas e funcionalidades, ou seja, todos os componentes em conjunto. A descrição dos testes realizados e dos resultados obtidos por eles está descrita abaixo.

Para mais detalhes sobre as conexões eletro-eletrônicas, pode-se ver o apêndice C.

4.1 Testes unitários

4.1.1 Câmera Térmica

A câmera térmica Lepton, do fabricante FLIR, se comunica por VOSPI. Logo, foi necessário utilizar um driver para converter os dados da câmera e disponibiliza-los para a USB. Uma placa de desenvolvimento Nucleo STM32F401RE com o driver disponibilizado por Gyver et al. (2017) foi utilizada para essa situação.

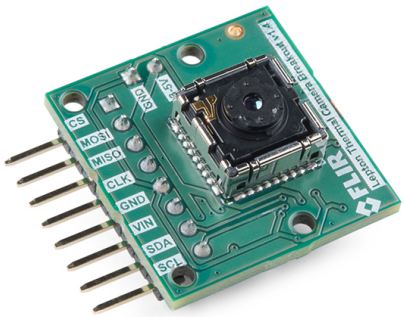

Figura 4.1: Lepton LWIR

O driver coleta os frames e verifica se o mesmo foi adquirido corretamente, após isso, envia para a USB seguindo o seguinte padrão de mensagem:

No início de cada mensagem, há uma sequência de quatro *bytes* para confirmar a transferência dos dados. Após a confirmação por um *script* em python, inicia-se o processo

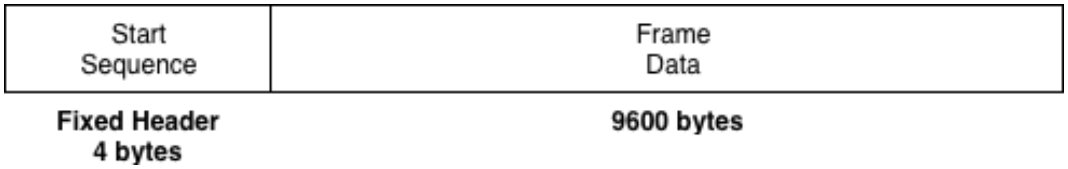

Figura 4.2: Mensagem do frame da câmera

de aquisição do *frame*. Cada *frame* é composto por 4800 *pixeis*, sendo 80 na horizontal e 60 na vertical. Além disso, cada *pixel* possui 2 *bytes* de profundidade de cor, correspondendo a 9600 *bytes* de informação para cada *frame*. Na Figura 4.3, pode-se observar uma representação do *frame* da câmera.

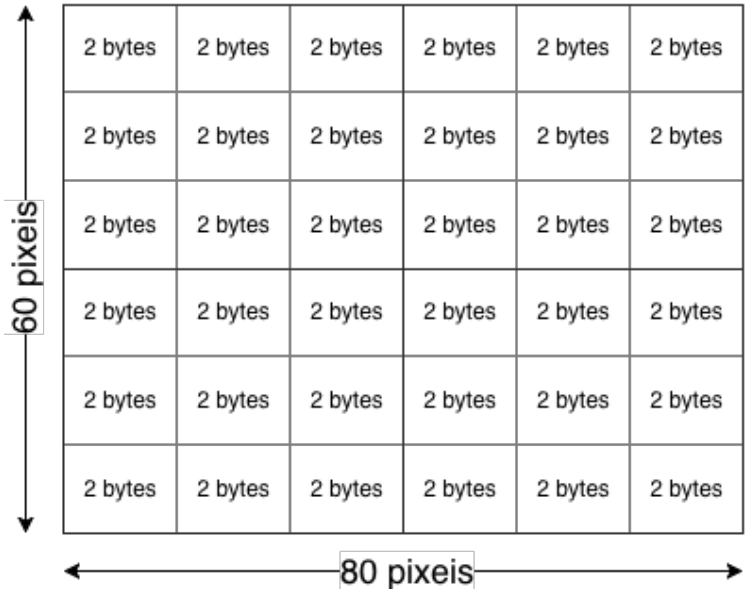

Figura 4.3: Esquemático do *Frame* da Câmera Térmica

No *script* de aquisição de *frames*, cada *pixel*, foi convertido para uma escala de cinza de 8-bits (1 *byte*). Conversão necessária para trabalhar com a biblioteca de processamento de imagens OpenCV.

Após isso a imagem foi reconstruída para verificar a integridade dos *frames*.

4.1.2 Sonar EZ-1

O sonar EZ-1 da MaxBotix possui saída analógica referente a distância medida. Para testa-lo, foi utilizada uma das entradas analógicas da Phidgets.

Figura 4.4: Sonar EZ-1

A comunicação da Phidgets com com a NUC é feita via USB, contudo, é necessário a instalação dos drivers obrigatórios da placa no linux. Além disso, é necessário a instalação do módulo python respectivo da placa, dessa forma, permitindo a utilização de classes e métodos para controle da comunicação com os sensores.

Com os respectivos drivers e módulos da phidgets instalados no computador, foi necessário apenas conectar os terminais alimentação e saída analógica do sensor nos conectores correspondentes da Phidgets e executar um *script* de leitura da tensão nas entradas analógicas fornecido pela própria fabricante.

Ao executar o código, recebe-se, no intervalo de dez segundos, todas as leituras de tensão efetuadas no sensor. Notamos que ao afastar o obstáculo do sonar o valor de tensão aumentava e quando aproximavamos o obstáculo o valor de tensão diminuía. Após feita a conversão de tensão para unidades métricas através das informações disponibilizadas no *datasheet*, foi possível validar o sensor.

4.1.3 Sensor de Proximidade

O sensor de proximidade E18-D80NK funciona de maneira bastante simples. O módulo possui um emissor e um receptor de feixes infra-vermelhos, o qual identifica se há ou não um objeto próximo devido a reflexão, liberando assim, um sinal de nível alto caso positivo e nível baixo caso negativo.

Por questão de sinalização, o fabricante adicionou um LED, que ao identificar algum objeto próximo, acende-se. Com isso, logo após alimentar o sensor já era possível ver o

Figura 4.5: Sensor de proximidade E18-D80NK

seu funcionamento. Entretanto, ainda era necessário verificar se a saída digital referente a detecção estava em devido funcionamento.

Para isso, foi utilizada a placa de interfaceamento Phidgets assim como no tópico anterior. O que diferiu nesse teste para o anterior é que o sensor foi acoplado em uma entrada digital, em vez de uma analógica, assim como o *script* executado foi para comunicação com as entradas digitais. O código, também disponibilizado pela fabricante, notifica a mudança de estado da saída dos sensor, dessa maneira podendo ser validada.

4.1.4 Smart Charger

A placa de gerenciamento e carregamento das baterias DS325A, da empresa Inspired Energy, funciona a partir do protocolo de comunicação SMBus. Informações das baterias como temperatura, corrente, carga, entre outras podem ser solicitadas através do seguinte protocolo de leitura.

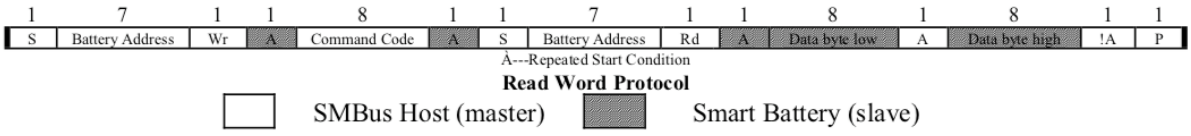

Figura 4.6: Protocolo de comunicação do *Smart Charger* e das baterias

No qual é necessário enviar primeiro o endereço de 7 bits da bateria de interesse, seguido do comando referente a que informação está se requisitando. Após isso, inicia-se o processo de leitura das informações da bateria.

O driver de comunicação foi desenvolvido em uma placa de desenvolvimento Nucleo STM3L432KC para disponibiliza-los na USB do computador. Além disso, um *script* em python foi escrito para requisitar essas informações do microcontrolador.

Os dados foram convertidos para suas respectivas grandezas, dessa maneira, foi possível validar as informações obtidas.

4.1.5 Sensor de Temperatura

O sensor de temperatura LM35 possui uma saída analógica e com comportamento linear entre a tensão de saída e a temperatura medida.

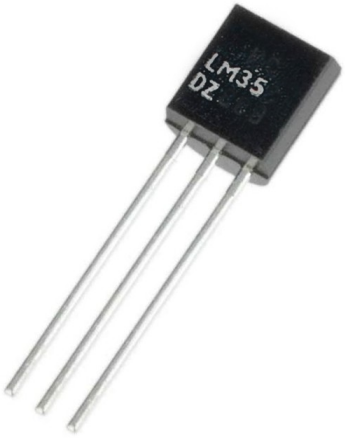

Figura 4.7: Sensor de Temperatura LM35

O componente foi testado em uma das entradas analógicas da Phidgets, e utilizando o mesmo algoritmo de leitura de tensão já mencionado para realizar a obtenção de dados. Para verificar a resposta do sensor, foi medido o valor de tensão de saída para uma sala com ar-condicionado e para um ambiente externo com auxílio de um termômetro de referência.

Os valores de tensão foram convertidos para graus Celsius, através da correlação disponível no *datasheet*, validando assim o sensor.

4.1.6 GPS

O GPS Piksi v2.3.1, da Swift Navigation, possui um console disponibilizado pelo próprio fabricante, porém como se tinha em mãos uma versão antiga do aparelho, foi necessário descobrir qual a versão compatível do *software*.

O console foi instalado, o GPS foi conectado na USB do computador e a antena devidamente acoplada. Essa versão em específico precisa de quatro satélites para realizar os cálculos de coordenadas, e em ambientes fechados, a recepção de sinal é bastante degra-

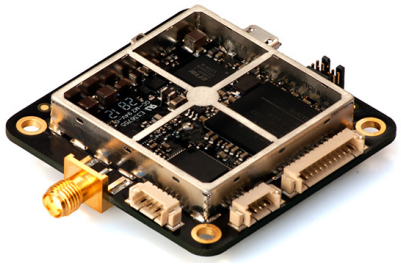

Figura 4.8: GPS Piksi v2.3.1

dada. Para contornar essa situação, o dispositivo foi iniciado em modo de simulação em seu console, mostrando assim, os dados de longitude e latitude.

Posteriormente, a antena foi levada a um ambiente externo e verificou o funcionamento do GPS fora do modo de simulação.

4.1.7 IMU

A IMU Mti-1, fabricado pela Xsens, possui um console que é disponibilizado no próprio pendrive de instalação que vem junto ao sensor.

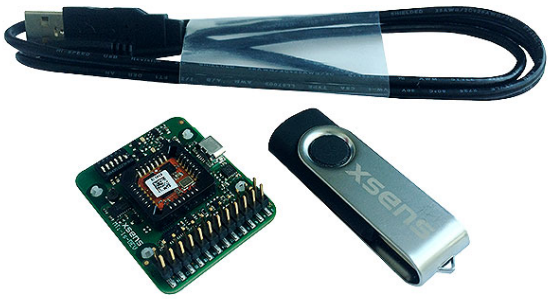

Figura 4.9: IMU Xsens Mti-1

Com o console instalado, foi apenas necessário conectar a IMU a uma das portas USB do computador. Na própria interface gráfica já aparece as informações de orientação do dispositivo, informando a orientação nos três eixos de referência e velocidade angular.

4.2 Integração no ROS

Após os testes unitários de cada sensor, deu-se inicio à integração dos sensores no ambiente ROS para construção do sistema de Percepção. A descrição da metodologia empregada para embarcar cada um dos sensores no framework de robótica está mostrada nos tópicos abaixo.

4.2.1 Phidgets

Após a fase de testes unitários, foi necessário desenvolver o *package* de comunicação da phidgets no ROS. Esse *package* é responsável pela aquisição dos dados de todos os sensores analógicos e digitais conectados a Phidgets.

Os nós foram desenvolvidos utilizando como base o módulo *python* da Phidgets. Ele consiste em uma classe e cada objeto desta, representa um componente conectado a placa de interface. Ao declarar o objeto, se faz necessário informar o canal, o nome do dispositivo, o tipo de porta (digital ou analógico) e o nome do tópico a ser disponibilizado os dados.

No construtor da classe os dados referentes aos dispositivos são coletados e um *publisher* do ROS é inicializado. Este *publisher* faz com que periodicamente os dados de tensão(canais analógicos) ou status da porta(canais digitais) sejam coletados e disponibilizados no tópico escolhido pelo usuário.

No script original foram criados seis objetos da classe no *main loop*, correspondentes aos cinco sensores de proximidade conectados a portas digitais e ao sonar conectado na porta analógica.

4.2.2 Smart Charger

O script utilizado no teste unitário para receber os dados provenientes do *smart charger* no computador foi utilizado como base para a construção do nó no ambiente ROS.

O nó funciona enviando um *byte* pré-definido para dar início ao processo de transmissão de dados da bateria. A recepção do *byte* pela Nucleo L432KC inicia a leitura dos dados da bateria, como mostrado no tópico anterior. Logo após isso, ocorre o envio das informações em sequência para o computador, como pode ser visto abaixo:

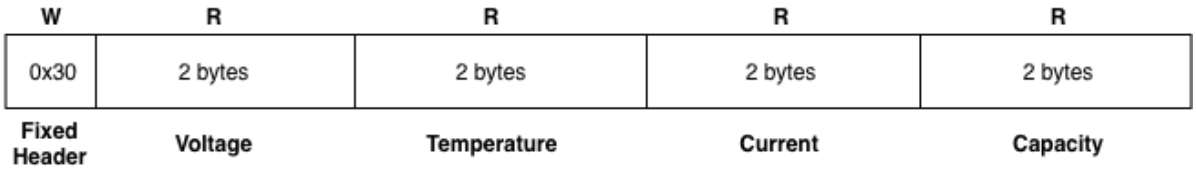

Figura 4.10: Mensagem entre a Nucleo L432KC e o nó referente às baterias

No nó do ROS essas informações são recebidas via serial e convertidas para sua devidas unidades segundo o *datasheet* do fabricante. Esses dados são colocados em um formato de mensagem chamado de Battery e publicadas em um tópico do ROS. O nó criado para a *smart charger* está mostrado no anexo XX.

4.2.3 Câmera Térmica

A integração da câmera no ROS foi feita em duas etapas, que na prática foram representadas como dois nós:

- O primeiro com objetivo da aquisição dos dados da câmera e sua disponibilização em um tópico.
- O segundo nó é responsável por todo o tratamento da imagem e detecção dos pontos quentes.

Para a aquisição dos dados, no primeiro nó, foi utilizado basicamente o mesmo algoritmo que no teste unitário, porém com a integração das bibliotecas do ROS para publicar os *frames* em forma de *Numpy arrays* em seus devido tópico.

No segundo nó foi utilizado a biblioteca OpenCV para realizar o processamento da imagem. Primeiramente, o frame disponibilizado pelo nó de aquisição é adquirido subscrevendo do seu respectivo tópico. Para retirar o aspecto "pixelado"da imagem da câmera, devido a sua baixa resolução (80x60 pixeis), foi necessário realizar uma interpolação cúbica para redimensionar a imagem para uma resolução de (400x300 pixeis), obtendo assim uma imagem mais detalhada.

Com a imagem já redimensionada, é aplicado um filtro *blur* para eliminar altas frequências que podem interferir na binarização (*thresholding*) que será feita na imagem.

Após o filtro, o frame é binarizado com o objetivo de facilitar a identificação dos pontos quentes através de um algoritmo de busca de contornos.

O esquemático abaixo mostra simplificadamente o processo de tratamento da imagem.

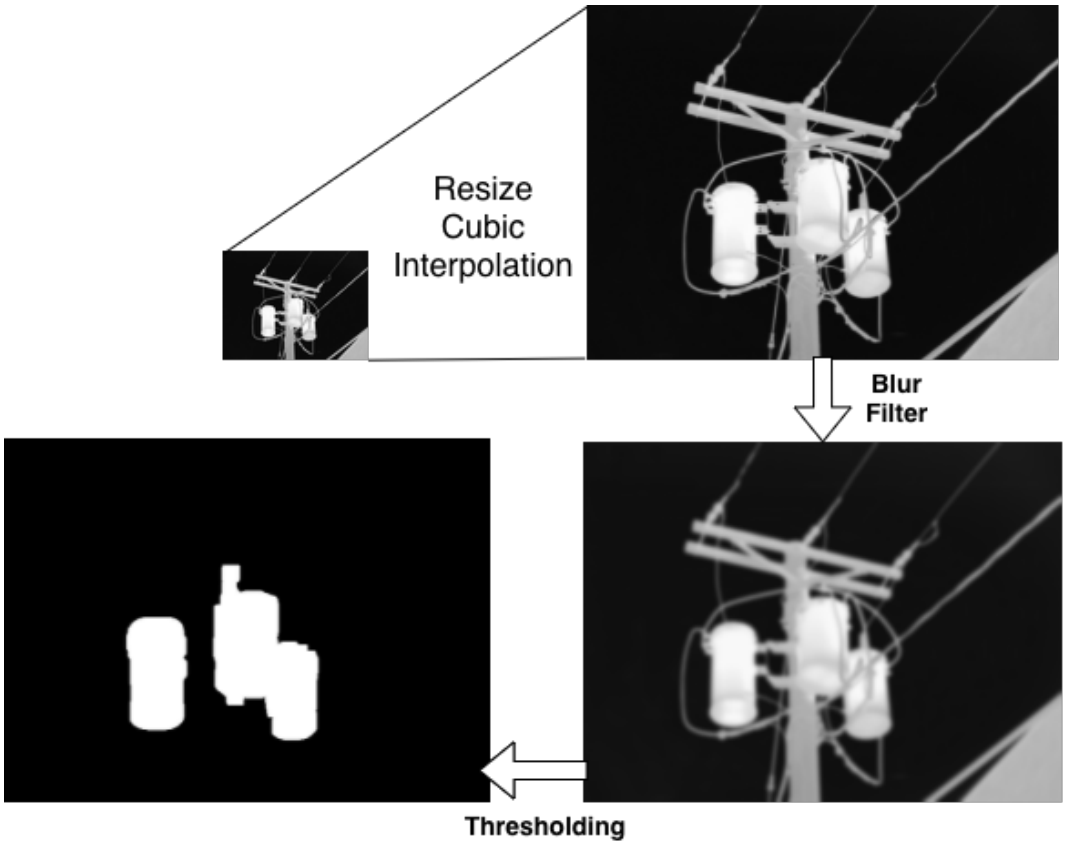

Figura 4.11: Esquemático do processamento da imagem

4.2.4 GPS

Para o GPS, foi utilizado um driver disponibilizado no GitHub por Tranzatto et al. (2018) com licensa livre para embarcar o dispositivo no ROS.

O *package* possui nós que publicam em tópicos as informações de coordenadas obtidas do GPS.

4.2.5 IMU

Foi utilizado o driver da IMU disponibilizada pela própria fabricante Xsens para embarcar a IMU no ROS. O driver de licença livre é disponibilizado no GitHub da própria empresa.

4.3 Testes integrados

asdfadsfsdfs

4.4 Avaliação da prontidão tecnológica

asdfadsfsdfs

4.5 Trabalhos futuros

asdfadsfsdfs

Capítulo Cinco

Conclusão

Chegou a hora de apresentar o apanhado geral sobre o trabalho de pesquisa feito, no qual são sintetizadas uma série de reflexões sobre a metodologia usada, sobre os achados e resultados obtidos, sobre a confirmação ou rechaço da hipótese estabelecida e sobre outros aspectos da pesquisa que são importantes para validar o trabalho. Recomenda-se não citar outros autores, pois a conclusão é do pesquisador. Porém, caso necessário, convém citá-lo(s) nesta parte e não na seção seguinte chamada **Conclusões**.

5.1 Considerações finais

Brevemente comentada no texto acima, nesta seção o pesquisador (i.e. autor principal do trabalho científico) deve apresentar sua opinião com respeito à pesquisa e suas implicações. Descrever os impactos (i.e. tecnológicos,sociais, econômicos, culturais, ambientais, políticos, etc.) que a pesquisa causa. Não se recomenda citar outros autores.

Apêndice A

QFD

Apêndice B

Diagramas mecânicos

Apêndice C

Diagramas eletro-eletrônicos

Apêndice D

Wireframes

Apêndice E

Logbook

Referências Bibliográficas

GYVER, M. M. et al. *LeptonModule - Nucleo F401RE Driver*. Santa Barbara: [s.n.], 2017. Disponível em: ⟨https://github.com/groupgets/LeptonModule⟩. 4.1.1

TRANZATTO, M. et al. *ethz piksi ros*. Zurique: [s.n.], 2018. Disponível em: ⟨https://github.com/ethz-asl⟩. 4.2.4

Desenvolvimento do robô de inspeção.

Michael Faraday
John Nash
James Clerk Maxwell
Nikola Tesla

Salvador, Setembro de 2018.